

# 水杨酸的生理效应及在果实保鲜方面的应用

常 燕 平

(山西农业大学 林学院, 山西 太谷 030801)

**摘 要:** 综述了水杨酸的生理效应及在果实保鲜方面应用的研究进展, 并对这些结果进行了分析。

**关键词:** 水杨酸; 生理效应; 果实保鲜

**中图分类号:** Q 946.885; S 609<sup>+</sup>.3 **文献标识码:** A **文章编号:** 1001—0009(2008)05—0069—03

水杨酸(Salicylic Acid, 简称 SA), 是一种广泛存在于高等植物中的简单酚类化合物, 1828 年德国的 John Buchner 最早从柳树皮中分离出水杨醇糖苷, 1838 年 Piria 将柳树皮中这种活跃的有效成分命名为水杨酸, 其作用首先是在医疗效果的观察中发现的。20 世纪 60 年代后期, 人们才逐渐发现外源施用 SA 可诱导某些植物开花和产热, 诱导烟草和黄瓜等植物对病毒、真菌及细菌等病害的抗性。人们对 SA 在植物中的分布、合成、代谢及其作用机理也都进行了一些研究, 1992 年 Raskin 提出 SA 可以被看作是一种新的植物内源激素<sup>[1]</sup>, 其作用和机制受到了研究人员的关注。现就水杨酸的生理效应及在果实保鲜方面的应用进行综述, 并分析了这些结果。

**作者简介:** 常燕平(1972-), 女, 硕士, 讲师, 主要从事经济林产品采后生理及贮藏技术方面的科研教学工作。E-mail: hzyecp@163.com。  
**基金项目:** 山西 农业大学科技创新基金资助项目(2004037); 山西省自然科学基金资助项目(20021085)。  
**收稿日期:** 2007—12—26

## 1 水杨酸的生理效应

### 1.1 抗病作用

SA 在植物抗病性中的作用是目前研究最深入的, SA 在植物的抗病反应中主要起信号分子的作用, 是植物产生 HR(过敏反应)和 SAR(系统获得性抗性)所必需的物质。1979 年 White 首先发现外源 SA 及其衍生物乙酰水杨酸处理烟草可诱导病程相关蛋白的合成和对烟草花叶病毒的抗性<sup>[2]</sup>。以后的研究进一步表明, 外源 SA 可诱导番茄、黄瓜、水稻、大蒜、大豆、甜菜、拟南芥等植物对真菌、细菌、病毒等病原菌的抗性<sup>[1]</sup>。SA 诱抗作用的发现为今后研制新型诱抗剂, 减少有害农药的使用提供了新的思路和途径, 因而倍受人们的关注。

### 1.2 生热效应

天南星科植物佛焰花序的生热现象很早就被认识到了, 直到 1987 年 Raskin 等试验证明, 引起生热的物质就是 SA。正如 Voodoo 百合雄花的提取液一样, 外源施用 SA 也可以使成熟花上部佛焰花序的温度提高 12℃<sup>[4]</sup>。在所试验的 33 种 SA 类似物中, 只有 Aspirin(阿斯匹林)和 2,6-二羧基苯甲酸具有与 SA 类似的作用。但也并非所有产热植物在开花过程中都有 SA 的增加。

## A Review of *Ardisia mamillata* Hance

ZHONG Juan, YE Meng, ZHUANG Ping, SHAO Hui-min, DU Juan  
(Forestry and Horticultural College of Sichuan Agricultural University, Ya'an, Sichuan 625014, China)

**Abstract:** *Ardisia mamillata* Hance is a kind of rare ornamental with high landscape and medicinal value. The geographical distribution, horticulture, anatomy, cytology, physiology, chemical composition, garden value and medicinal value of *Ardisia mamillata* Hance were reviewed in this paper. Moreover, work of this research in the future was discussed.  
**Key words:** *Ardisia mamillata* Hance; Variety; Cytology; Garden value; Medicinal value

SA 能够产热的原因被认为是由于其可增加植物抗氰呼吸, 抗氰呼吸电子传递系统产生的能量多以热的形式释放出来, 而不主要合成化学能; 用抗氰呼吸抑制剂处理, 放热就减少; SA 对非产热植物的抗氰呼吸也有诱导作用<sup>[9]</sup>。

### 1.3 诱导开花

1965 年 Lee 和 Skoog 发现 SA 可诱导烟草组培植株开花<sup>[6]</sup>, 1974 年 Cleland 和 Ajami 鉴定诱导短日植物 *Xanthium strumarum* 开花的物质是 SA<sup>[7]</sup>; 后又发现 5.6  $\mu\text{mol/L}$  的 SA 极度诱导长日植物 *Lemna gibba* G3 开花, 对随后花的发育影响不大。

外施 SA 于浮萍科植物可诱导或促进开花。SA 与蔗糖混合施用可促进文心兰开花, SA、GA<sub>3</sub> 和  $\beta$ -萘酚诱导短日植物凤仙花在长日照下形成花芽。现在对 SA 诱导植物开花的机理仍不十分清楚, 有一种假说认为是 SA 起螯合剂作用<sup>[8]</sup>。

### 1.4 提高植物抗环境胁迫能力

近年来的研究表明, 水杨酸在植物抗冷、热、干旱、盐、臭氧、重金属等环境胁迫方面有明显的作用。

在马铃薯等产热植物上, SA 可促进线粒体交替呼吸途径, 增加产热量, 提高马铃薯的抗冷性<sup>[4]</sup>。孙艳等<sup>[9]</sup>研究发现, 250 mg/L 的 SA 溶液浸泡黄瓜种子, 能使幼苗生长健壮, 提高其抗冷性。庞金安等<sup>[10]</sup>的研究结果表明 1~5 mmol/L SA 均能提高黄瓜幼苗耐低温能力, 低温胁迫后, SA 处理的幼苗 O<sub>2</sub><sup>-</sup>、MDA 含量均低于未处理的; POD、CAT 活性的下降小于对照, SOD 活性一直高于对照。

Yalpani 等发现烟草受到热胁迫时其内源 SA 水平升高<sup>[11]</sup>。高温胁迫使黄瓜叶片游离态 SA 增加 2.5 倍以上<sup>[12]</sup>。1~100  $\mu\text{mol/L}$  SA 和乙酰水杨酸 (ASA) 均可以保护某些植物幼苗和组织免受热激伤害<sup>[5]</sup>。

在 25℃ 自然干旱的水分亏缺下, 0.05% ASA 有直接清除和通过提高 SOD 活性来清除 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 的作用, 明显降低小麦幼苗 O<sub>2</sub><sup>-</sup> 的含量<sup>[13]</sup>。小麦种子在吸胀和萌发期间用 250  $\mu\text{mol/L}$  SA 溶液处理的幼苗, 在中度水分亏缺时不会对细胞膜造成损伤, 而未处理的幼苗则显著受损; 但幼苗在水分胁迫期间外加 SA 不能阻止叶片膜损伤<sup>[14]</sup>, 表明干旱前外施 SA 可以增强植物的抗旱性。

1.2% 的 NaCl 胁迫下, 外施 0.1 g/L SA 和 0.2 g/L ASA 可以提高小麦种子发芽率、发芽指数和活力指数<sup>[15]</sup>, 提高幼苗体内 SOD、CAT 等细胞保护酶的活性, 抑制了 MDA 的积累, 提高了小麦幼苗叶片对盐胁迫的适应性。有人提出, 在盐胁迫条件下, 外源 SA 能够显著

提高 Na<sup>+</sup> 向下运输的选择性而增强 K<sup>+</sup> 向上运输的选择性, 因此, 能显著提高植物体的抗盐性。

此外, SA 还与臭氧、重金属胁迫等有关。臭氧胁迫可诱导烟草和拟南芥积累 SA, 而水杨酸缺失型突变体 (NahG) 更易受臭氧伤害, 说明 SA 有可能与缓解臭氧胁迫伤害有关<sup>[5]</sup>。SA 可缓解重金属离子对植物的伤害。10 mmol/L PbCl<sub>2</sub> 或 10 mmol/L HgCl<sub>2</sub> 胁迫下, 水稻叶片脂氧合酶活性升高, 质膜解体; 外施 100  $\mu\text{mol/L}$  可减轻由脂氧合酶介导的质膜解体<sup>[16]</sup>。植物受到紫外辐射胁迫时内源 SA 水平升高, 但其原因以及外源 SA 处理是否增强对紫外辐射胁迫的耐受性, 目前尚不清楚。

### 1.5 其它生理效应

SA 还有许多其它生理效应, 如: 增加黄瓜幼苗茎粗与株高<sup>[9]</sup>, 促进组培条件下大蒜鳞茎的形成和膨大<sup>[17]</sup>, 降低菜豆和鸭跖草的蒸腾, 抑制苹果切片和梨细胞的乙烯产量, 提高水稻幼苗膜脂肪酸的不饱和程度, 降低细胞电解质外渗率, 提高玉米幼苗硝酸还原酶活性, 增加小米株高和谷粒数, 增加绿豆豆荚数从而提高产量等<sup>[8]</sup>。

## 2 SA 与乙烯的关系

乙烯在果实成熟衰老中起重要作用, 了解 SA 对植物乙烯合成的影响就能间接表明其是否在果实保鲜方面应用的潜力。

在许多的试验中发现 SA 是植物组织乙烯生物合成的有效抑制剂。Leslie 和 Romani 首先发现 SA 在 10<sup>-6</sup>~10<sup>-4</sup> mmol/L 浓度下可有效抑制梨悬浮培养细胞 ACC 合成酶活性<sup>[5]</sup>, 减少乙烯的生成。Romani 等用苹果切片进行了试验<sup>[5]</sup>, 结果发现 SA 抑制了 ACC 氧化酶活性, 进而阻止了 ACC 向乙烯的转化。可知, SA 对乙烯生物合成的调控, 是通过抑制 ACC 合成酶和 ACC 氧化酶活性的抑制, 减少内源 ACC 水平和乙烯生成。同时还发现抑制作用与 pH 有关。在 pH 为 3.5~4.5 时抑制效果较好。pH 大于 6.5 时, 抑制作用减弱, 而且在低 pH 时受到抑制的乙烯合成, 随着培养液中 pH 的升高又可得到恢复。原永兵的研究也表明外源 SA 对苹果叶片和果实切片乙烯的生成都有抑制作用<sup>[3]</sup>。韩涛等用 0.1 g/L SA 处理采后大久保桃, 结果表明, 在室温贮藏期间, 乙烯释放高峰推迟 2 d, 果实衰老得到延缓。这些都说明 SA 有可能延缓果实成熟衰老, 延长贮藏期<sup>[6]</sup>。

## 3 SA 在果实保鲜方面的应用

SA 有提高植物抗病性和抑制 1-氨基环丙烷羧酸转化为乙烯的生理功能, 有利于果实的防腐保鲜<sup>[3, 9]</sup>。

1975 年, Kim 和 Park 用 1000、2000、3000 mg/kg 的

SA 溶液浸泡马铃薯块茎并结合射线处理,发现可以抑制马铃薯发芽和腐烂,延长室温贮藏 8 个月<sup>[20]</sup>。20 世纪 80 年代,有人报道 SA 可控制柑橘、香蕉等真菌感染。1982 年 Gaur 和 Chenulu 曾发现用 1 000 mg/kg 的 SA 可有效抵抗宽皮橘和马铃薯的采后感染<sup>[5]</sup>。原永兵用 2 mmol/L 和 5 mmol/L 的 SA 浸泡处理“国光”苹果<sup>[3]</sup>,结果表明:SA 可有效防治苹果轮纹病。李丽萍等用 0.1~0.3 g/L SA 处理大久保桃 10~20 min,可减轻大久保桃贮藏期的腐烂<sup>[9]</sup>。

阎田等用 0.1% 的 SA 分别将绿熟番茄、鸭梨和苹果浸泡<sup>[18]</sup>,研究表明:3 种果实的好果率比对照提高 10% 以上,他们认为 SA 处理有降低番茄多聚半乳糖醛酶的活性,使果实硬度大、抗病力强的作用,同时 SA 处理还抑制了乙烯利对果实的催熟作用。2000 年,李丽萍用 0.1~0.3 g/L SA 处理大久保桃在 8~10℃ 贮藏时,硬度始终大于对照,SA 对磨盘柿也有保硬的作用,但浓度不能超过 0.5 g/L<sup>[9]</sup>。

必须因地制宜综合考虑多种因素的影响,合理使用 SA 才能取得良好的效果。处理浓度因果实种类不同而不同,如鸭梨以 0.02 mmol/L 的浓度处理效果很好<sup>[20]</sup>,而在桃上则要 1 mmol/L 的浓度才能达到最佳保鲜效果<sup>[19]</sup>。高浓度处理会造成果实伤害。高于 0.3 g/L 会导致大久保桃表皮伤害,0.5、1.0、1.5 g/L 剂量在处理 1.0~2.5 h 后会出现表皮褐变,在 24 h 内症状加重,以后不再发展,室温下这些褐变部位腐烂加速<sup>[9]</sup>。可见对于不同的水果来说,适宜的处理浓度可能有较大的差别,产生的保鲜效果也不同。因此,在实际应用中要根据果实的种类来选择浓度和处理方法,才能达到良好的保鲜效果。

#### 4 展望

SA 是一种广泛存在于植物中的内源激素,具有处理成本低、低量、无毒、使用方便等优点,在果实保鲜中有广阔的发展空间。但目前 SA 在果实上的应用尚处于起步阶段,其作用机理和效果还有待进一步研究。总的来说,以下几方面的工作在今后的研究中应该受到重视:鉴于 SA 在实践中应用效果的不确定性,应系统地研究其处理浓度、处理时间、处理试材的差异性,最好能建立各果实应用的数学模型;研究 SA 与其它保鲜手段联用,利用复合效应更好的开展保鲜工作;深入开展 SA 对果实贮藏期间抗病和致病机理的研究,以防止其

副作用;进一步从生理生化和分子水平上研究 SA 的作用机理和效果;探讨 SA 对果实成熟衰老进程的作用位点、途径及其调控机制。

#### 参考文献

- [1] Raskin L. Role of salicylic acid in plants. *Annu. Rev. Plant Physiol.* *J. Plant Mol. Biol.* 1992, 43: 439-463.
- [2] White R F. Short communications: acetylsalicylic acid (aspirin) induces resistance to tobacco mosaic virus in tobacco [J]. *Virology*, 1979, 99: 410-412.
- [3] 原永兵. 水杨酸在苹果树中的生理作用及其机制的研究[D]. 北京大学学位论文, 1996.
- [4] 原永兵, 曹宗. 水杨酸在植物体内的作用[J]. *植物学通报* 1994, 11(3): 1-9.
- [5] 李丽萍. 外源水杨酸对桃和柿的贮藏效应[D]. 中国农业大学学位论文, 2001.
- [6] Lee T T, Skoog F. Effect of substituted phenols on bud formation and growth of tobacco tissue culture [J]. *Physiol. Plant.* 1965, 18: 386-402.
- [7] Cleland C F, Ajami A. Identification of the flower inducing factor isolated from aphid honeydew as being salicylic acid [J]. *Plant Physiol.* 1974, 54: 904-906.
- [8] 李德红, 潘瑞炽. 水杨酸在植物体内的作用[J]. *植物生理学通讯*, 1995, 31(2): 144-149.
- [9] 孙艳, 秦吉全, 崔鸿文, 等. SA 浸种对黄瓜幼苗耐冷性的影响[J]. *河北农业技术师范学院学报*, 1999, 13(1): 37-40.
- [10] 庞金安, 马德华, 霍振荣, 等. 水杨酸预处理对提高黄瓜幼苗耐低温能力的影响[J]. *华北农学报*, 2000, 15(1): 112-115.
- [11] Yalpani N, Enyedi A J, Leon J. Ultraviolet light and ozone stimulate accumulation of salicylic acid, pathogenesis-related proteins and virus resistance in tobacco [J]. *Planta* 1994, 193: 372-376.
- [12] 马德华, 庞金安, 李淑菊, 等. 温度逆境锻炼对高温下黄瓜幼苗生理的影响[J]. *园艺学报*, 1998, 25(4): 350-355.
- [13] 姜晶, 张宪政. 水分亏缺下乙酰水杨酸清除小麦幼苗中 O<sub>2</sub> 的研究[J]. *植物生理学通讯*, 2000, 36(1): 33-35.
- [14] 许明丽, 孙晓艳, 文江祁. 水杨酸对水分胁迫下小麦幼苗叶片膜损伤的保护作用[J]. *植物生理学通讯*, 2000, 36(1): 35-36.
- [15] 张士功, 高吉寅, 宋景芝. 水杨酸和阿司匹林对盐胁迫下小麦种子萌发的作用[J]. *植物生理学通讯*, 1999, 35(1): 29-32.
- [16] 康国章, 孙谷畴, 王正询. 水杨酸在植物抗环境胁迫中的作用[J]. *广西植物*, 2004, 324(2): 178-183.
- [17] 熊正琴, 李式军, 周燮. 茉莉酸甲酯和水杨酸促进大蒜试管鳞茎的形成[J]. *园艺学报*, 1999, 26(6): 408-409.
- [18] 阎田, 沈全光, 刘存德. 水杨酸对果实成熟的影响[J]. *植物学通报* 1998, 15(3): 61-64.
- [19] 陈双建, 王利军, 刘庆昌, 等. 贮藏前外源水杨酸处理对桃果冷贮性的影响[J]. *中国农学通报* 2006, 22(9): 219-224.
- [20] 田志喜, 张玉星, 于艳军, 等. 水杨酸对鸭梨果实 PG、PME 和呼吸速率的影响[J]. *果树学报* 2002, 19(6): 381-384.